

**Решение задач районного этапа РО по физике (2022-2023 учебный год)**  
**11 класс**

**Задача 1 [7 баллов].**

Пусть длина одной доски  $L$ , начальная скорость бруска  $v$ , ускорение бруска  $a = \mu g$ , а времена движения бруска по первой и второй доске  $t_1$  и  $t_2$  соответственно. Тогда

$$vt_1 - \frac{at_1^2}{2} = L$$

$$v(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2} = 2L$$

$$v - a(t_1 + t_2) = 0$$

Откуда получаем

$$t_1 = t_2(\sqrt{2} - 1)$$

Пусть масса одной доски  $M$ . Сила трения  $\mu mg$ , действующая на доски со стороны бруска массой  $m$ , приводит к ускорению  $a_1 = \mu mg / (2M)$  при движении бруска по первой доске, когда обе доски движутся вместе, и к ускорению второй доски  $a_2 = \frac{\mu mg}{M} = 2a_1$  при движении бруска по второй доске, когда первая отстает от второй и движется с достигнутой за время  $t_1$  скоростью.

$$v_1 = a_1 t_1$$

$$v_2 = v_1 + a_2 t_2$$

Остюда находим

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{t_1 + 2t_2}{t_1} = 5,82$$

Содержание	Баллы
$a = \mu g$	0,5
$vt_1 - \frac{at_1^2}{2} = L$	1
$v(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2} = 2L$	1
$v - a(t_1 + t_2) = 0$	0,5
$t_1 = t_2(\sqrt{2} - 1)$	0,5
$a_1 = \mu mg / (2M)$	1
$a_2 = \frac{\mu mg}{M} = 2a_1$	1
$v_2 = v_1 + a_2 t_2$	1
$\frac{v_2}{v_1} = \frac{t_1 + 2t_2}{t_1} = 5,82$	0,5
<b>Всего</b>	<b>7,0</b>

**Задача 2 [7 баллов].**

Расставим направления токов, протекающих через резисторы  $R_0, R_1, R_2$  и запишем закон Ома для участка цепи (см. схему):

$$I_0 R_0 + I_1 R_1 = U$$

$$I_2 R_2 + I_3 R_0 = U.$$

Приравнявая вышеприведенные уравнения, получим

$$(I_0 - I_3)R_0 = I_2 R_2 - I_1 R_1.$$

Согласно электрической схеме, сила тока, которая протекает через источник питания равна

$$I_U = I_0 + I_2$$

$$I_U = I_1 + I_3.$$

Приравнявая вышеприведенные последние два уравнения, получим

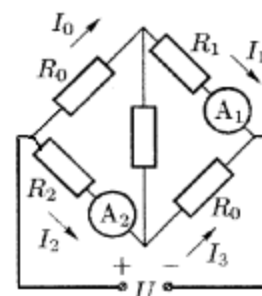
$$I_0 - I_3 = I_1 - I_2.$$

Тогда

$$(I_1 - I_2)R_0 = I_2 R_2 - I_1 R_1.$$

Преобразуя, данное уравнение, получим выражение для искомой величины

$$I_2 = \frac{(R_0 + R_1) \cdot I_1}{R_0 + R_2}.$$



Содержание	Баллы
$I_0 R_0 + I_1 R_1 = U$	1
$I_2 R_2 + I_3 R_0 = U$	1
$(I_0 - I_3)R_0 = I_2 R_2 - I_1 R_1$	0,5
$I_U = I_0 + I_2$	1
$I_U = I_1 + I_3$	1
$I_0 - I_3 = I_1 - I_2$	0,5
$(I_1 - I_2)R_0 = I_2 R_2 - I_1 R_1$	1
$I_2 = \frac{(R_0 + R_1) \cdot I_1}{R_0 + R_2}$	1
<b>Всего</b>	<b>7,0</b>

### Задача 3 [8 баллов].

Построим график данного процесса  $P = \alpha V$  в  $PV$  диаграмме (см. рисунок).

Газ в данном процессе нагревался до определенной температуры, и для определения приращения температуры  $\Delta T$  воспользуемся первым законом термодинамики:

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A,$$

$\nu$  – число молей газа,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

Работа равна площади трапеции, выделенной на диаграмме

$$A = \frac{\alpha V_0 + \alpha V_1}{2} (V_1 - V_0) = \frac{\alpha(V_1^2 - V_0^2)}{2}.$$

Запишем закон Менделеева-Клайперона для начального и конечного состояний:

$$\nu R T_0 = p_0 V_0 = \alpha V_0^2,$$

$$\nu R T_1 = p_1 V_1 = \alpha V_1^2.$$

С учетом последних двух уравнений, запишем работу

$$A = \frac{\nu R (T_1 - T_0)}{2} = \frac{\nu R \Delta T}{2}$$

Тогда количество теплоты  $Q$ , сообщенная газу

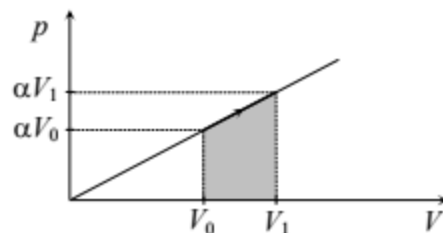
$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{\nu R \Delta T}{2} = 2 \nu R \Delta T.$$

Значит приращение температуры  $\Delta T$ :

$$\Delta T = \frac{Q}{2 \nu R}.$$

Тогда теплоемкость газа

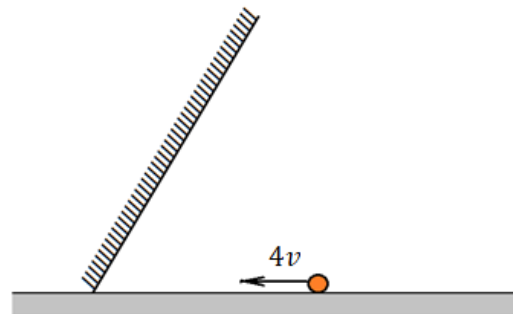
$$C = \frac{Q}{\Delta T} = 2 \nu R.$$



Содержание	Баллы
$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A$	1,5
$A = \frac{\alpha V_0 + \alpha V_1}{2} (V_1 - V_0) = \frac{\alpha(V_1^2 - V_0^2)}{2}$	1,5
$\nu R T_0 = p_0 V_0 = \alpha V_0^2,$ $\nu R T_1 = p_1 V_1 = \alpha V_1^2$	1
$A = \frac{\nu R (T_1 - T_0)}{2} = \frac{\nu R \Delta T}{2}$	1
$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{\nu R \Delta T}{2} = 2 \nu R \Delta T$	1
$\Delta T = \frac{Q}{2 \nu R}$	1
$C = \frac{Q}{\Delta T} = 2 \nu R.$	1
<b>Всего</b>	<b>8,0</b>

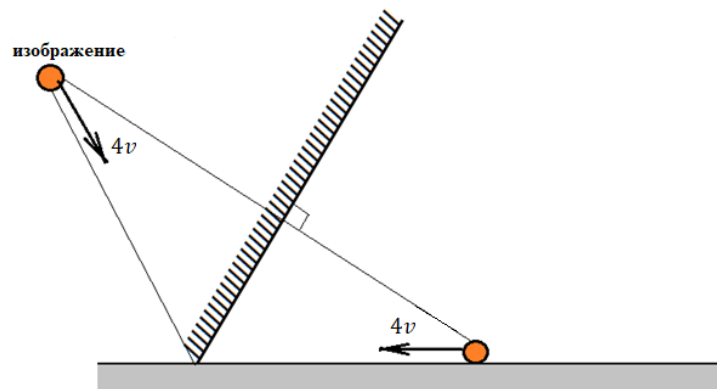
#### Задача 4 [8 баллов].

Перейдем в систему отсчета зеркала. В этой системе отсчета шарик движется в направлении зеркала со скоростью  $4v$ .



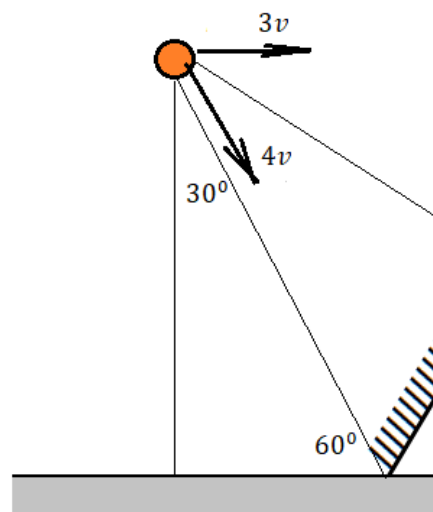
Система отсчета (СО) зеркала

Значит, его изображение тоже движется в зеркале с такой скоростью.



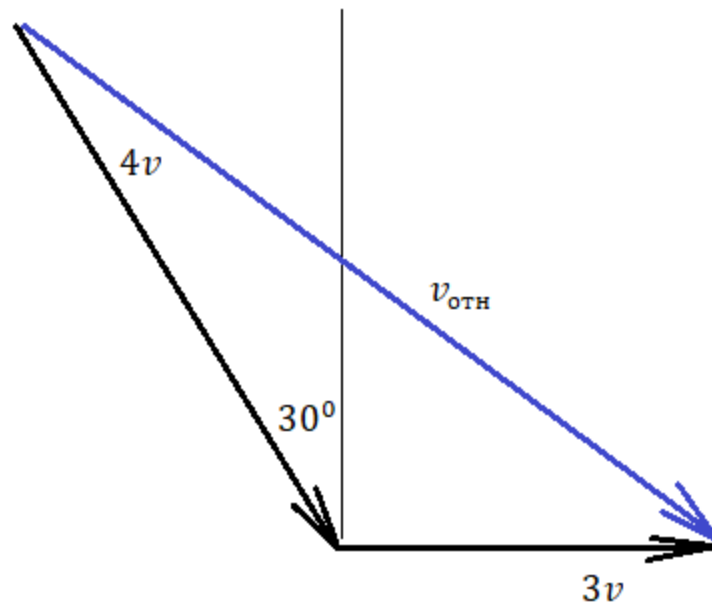
Изображение шарика в СО зеркала

Теперь надо вернуться обратно в СО стола. Изобразим скорость зеркала:



Скорость зеркала

Определяем относительную скорость по теореме косинусов из треугольника скоростей:



Переход обратно в СО земли

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{(4v)^2 + (3v)^2 - 2 \cdot 4v \cdot 3v \cdot \cos 120^\circ} = \sqrt{25v^2 + 12v^2} = \sqrt{37v^2} = v\sqrt{37}.$$

Содержание	Баллы
Определение скорости ( $4v$ ) шарика в системе отсчета зеркала.	2
Определение скорости ( $4v$ ) изображения шарика в зеркале.	2
Переход в СО стола, изображение скоростей и определение углов.	2
Переход в СО земли и определение относительной скорости.	1,5
Определение численного значения относительной скорости $v_{\text{отн}} = v\sqrt{37}$	0,5
<b>Всего</b>	<b>8,0</b>